

PHOTOELECTRIC CONVERSION DEVICE AND ITS MANUFACTURE

Publication Number: 06-112513 (JP 6112513 A) , April 22, 1994

Inventors:

- OIZUMI MITSUHIRO

Applicants

- RICOH CO LTD (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)
- RICOH RES INST OF GEN ELECTRON (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

Application Number: 04-257929 (JP 92257929) , September 28, 1992

International Class (IPC Edition 5):

- H01L-031/02
- H01L-023/06
- H01L-027/14
- H01L-031/10

JAPIO Class:

- 42.2 (ELECTRONICS--- Solid State Components)

Abstract:

PURPOSE: To provide a photoelectric conversion device which can increase a photoelectric current by improving the numerical aperture of the device by changing the shape of an element and its manufacturing method.

CONSTITUTION: In the title device which is provided with a photodiode 1, lighting window 4 for leading light to the diode 1, and light shielding layers 3 for intercepting the light incident on the photodiode 1 and performs photoelectric conversion by detecting the light coming through the window 4 by means of the diode 1, at least parts of the end faces of the layers 3 facing the window 4 are formed in linearly tapered shapes. (From: *Patent Abstracts of Japan*, Section: E, Section No. 1581, Vol. 18, No. 388, Pg. 131, July 20, 1994)

JAPIO

© 2005 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.
Dialog® File Number 347 Accession Number 4468613

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 6 - 1 1 2 5 1 3

(43) 公開日 平成6年(1994)4月22日

(51) Int. Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 31/02				
23/06	A			
27/14				
		7210- 4 M	H 0 1 L 31/02	B
		7210- 4 M	27/14	D
審査請求 未請求 請求項の数 8			(全 1 1 頁)	最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平4-257929

(22) 出願日 平成4年(1992)9月28日

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(71) 出願人 000115706

リコー応用電子研究所株式会社

宮城県名取市高館熊野堂字余方上5番地の
10

(72) 発明者 大泉 充弘

宮城県名取市高館熊野堂字余方上5番地の
10 リコー応用電子研究所株式会社内

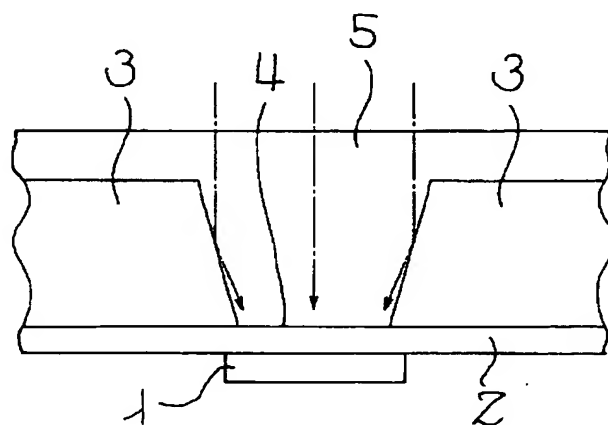
(74) 代理人 弁理士 柏木 明 (外1名)

(54) 【発明の名称】 光電変換装置及びその作製方法

(57) 【要約】

【目的】 素子形状を変えることにより開口率を向上させ、光電流を増加させることが可能な光電変換装置及びその作製方法を提供する。

【構成】 フォトダイオード1と、このフォトダイオード1に光を導くための採光窓4と、フォトダイオード1に入射する光を遮る遮光層3とを備え、採光窓4を通じて外部から入射してくる光をフォトダイオード1に検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、採光窓4に面した遮光層3の端面3aの少なくとも一部が直線状のテーパ形状を有するように形成した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードで検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面の少なくとも一部が、直線状のテーパ形状を有するように形成したことを特徴とする光電変換装置。

【請求項2】 フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードで検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面の少なくとも一部が、曲線状のテーパ形状を有するように形成したことを特徴とする光電変換装置。

【請求項3】 フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じ

$$a \geq x_0 (\tan (180^\circ - 2\theta) - \cot \theta) \quad \dots (1)$$

$$b \geq y \cdot \tan [\sin^{-1} \{(n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta)) / n_2\}] \quad \dots (2)$$

$$n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta) < n_2 \quad \dots (3)$$

の(1)～(3)式を同時に満たすように設定したことを特徴とする光電変換装置。

【請求項5】 フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードで検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面の上部領域が※

$$a \geq x_1 (\tan (180^\circ - 2\theta) - \cot \theta) \quad \dots (4)$$

$$b \geq y \cdot \tan [\sin^{-1} \{(n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta)) / n_2\}] \quad \dots (5)$$

$$n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta) < n_2 \quad \dots (6)$$

の(4)～(6)式を同時に満たすように設定したことを特徴とする光電変換装置。

【請求項6】 フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードで検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面の下部領域が★

$$a \geq x_2 (\tan (180^\circ - 2\theta) - \cot \theta) \quad \dots (7)$$

$$b \geq y \cdot \tan [\sin^{-1} \{(n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta)) / n_2\}] \quad \dots (8)$$

$$n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta) < n_2 \quad \dots (9)$$

の(7)～(9)式を同時に満たすように設定したことを特徴とする光電変換装置。

【請求項7】 フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じ

※で外部から入射してくる光を前記フォトダイオードで検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面の少なくとも一部が、直線状のテーパ形状及び曲線状のテーパ形状の両方の形状を有するように形成したことを特徴とする光電変換装置。

【請求項4】 フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードで検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面のすべての領域が直線状のテーパ形状でかつ一定のテーパ角を有するように形成し、前記遮光層の厚さを x_0 、層間絶縁膜の厚さを y 、前記採光窓の幅を a 、前記フォトダイオードと遮光層とのオーバーラップ長を b 、パッシベーション膜の屈折率を n_1 、前記層間絶縁膜の屈折率を n_2 、前記遮光層のテーパ部と前記層間絶縁膜との境界面でのなす角を θ とする時、

※直線状のテーパ形状でかつ一定のテーパ角を有するように形成し、前記遮光層が直線状のテーパ形状を有する部分の厚さを x_1 、層間絶縁膜の厚さを y 、前記採光窓の幅を a 、前記フォトダイオードと遮光層とのオーバーラップ長を b 、パッシベーション膜の屈折率を n_1 、前記層間絶縁膜の屈折率を n_2 、前記遮光層のテーパ部と前記層間絶縁膜との境界面でのなす角を θ とする時、

★直線状のテーパ形状でかつ一定のテーパ角を有するように形成し、前記遮光層が直線状のテーパ形状を有する部分の厚さを x_2 、層間絶縁膜の厚さを y 、前記採光窓の幅を a 、前記フォトダイオードと遮光層とのオーバーラップ長を b 、パッシベーション膜の屈折率を n_1 、前記層間絶縁膜の屈折率を n_2 、前記遮光層のテーパ部と前記層間絶縁膜との境界面でのなす角を θ とする時、

で外部から入射してくる光を前記フォトダイオードで検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面が m (1, 2, 3...)個の直線状のテーパ形状を有するように形成し、前記遮光層のテーパ部と前記層間絶縁膜との境

3

界面でのなす角をそれぞれ θ_m 、前記各テーパ部の上端の遮光層から層間絶縁膜界面までの高さをそれぞれ Z_m 、層間絶縁膜の厚さを y 、前記採光窓の幅を a 、前記*

$$a \geq Z_m (\tan (180^\circ - 2\theta_m) - \cot \theta_m) \quad \cdots (10)$$

$$b \geq y \cdot \tan [\sin^{-1} \{(n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta_m)) / n_2\}] \quad \cdots (11)$$

$$n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta_m) < n_2 \quad \cdots (12)$$

の(10)～(12)式を同時に満たすように設定したことを特徴とする光電変換装置。

【請求項8】 LSI工程を用いてフォトダイオードを形成し、このフォトダイオード間で層間絶縁膜の成膜及びメタル配線の工程を繰り返して行い、前記層間絶縁膜の上部に遮光層を成膜し、この遮光層の上部に垂直形状若しくはテーパ形状に形成されたレジストパターンをマスクし、このレジストパターンをかぶせた状態でエッチングを行い前記遮光層の端面に垂直形状若しくはテーパ形状の採光窓を形成し、この採光窓の形成された前記遮光層の上部にパッシベーション膜を成膜したことを特徴とする光電変換装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、画像情報の高速高感度な読取りが可能で、高集積化が可能な光電変換装置及びその作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、画像情報処理技術の進展に伴い、入力装置としての光電変換装置の重要性が高まっている。従来における光電変換装置としては、例えば、CCDセンサ、MOS型センサ等がある。これらセンサの素子構造としては、フォトダイオードの上部にマイクロレンズなどを配置した状態で、光電流を増加させ、これにより高出力を得ようとしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来のような素子構造では、画素の高密度化を図ろうとして素子構造の縮小化を行おうとすると、フォトダイオードの面積を小さくし、これに伴ってマイクロレンズの開口率を減少させなければならないため、十分な光電流を得ることができず、所望とする高出力を得ることができない。

【0004】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明では、フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する*

$$a \geq x_o (\tan (180^\circ - 2\theta) - \cot \theta) \quad \cdots (1)$$

$$b \geq y \cdot \tan [\sin^{-1} \{(n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta)) / n_2\}] \quad \cdots (2)$$

$$n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta) < n_2 \quad \cdots (3)$$

の(1)～(3)式を同時に満たすように設定した。

【0008】請求項5記載の発明では、フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を

4

*フォトダイオードと遮光層とのオーバーラップ長を b 、パッシベーション膜の屈折率を n_1 、前記層間絶縁膜の屈折率を n_2 とすると、

※光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードで検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面の少なくとも一部が直線状のテーパ形状を有するように形成した。

【0005】請求項2記載の発明では、フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードで検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面の少なくとも一部が曲線状のテーパ形状を有するように形成した。

20 【0006】請求項3記載の発明では、フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードで検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面の少なくとも一部が、直線状のテーパ形状及び曲線状のテーパ形状の両方の形状を有するように形成した。

30 【0007】請求項4記載の発明では、フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードで検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面のすべての領域が直線状のテーパ形状でかつ一定のテーパ角を有するように形成し、前記遮光層の厚さを x_o 、層間絶縁膜の厚さを y 、前記採光窓の幅を a 、前記フォトダイオードと遮光層とのオーバーラップ長を b 、パッシベーション膜の屈折率を n_1 、前記層間絶縁膜の屈折率を n_2 、前記遮光層のテーパ部と前記層間絶縁膜との境界面でのなす角を θ とする時、

前記フォトダイオードで検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面の上部領域が直線状のテーパ形状でかつ一定のテーパ角を有するように形成し、前記遮光層が直線状のテーパ形状を有する部分の厚さを x_1 、層間絶

5

縁膜の厚さを y 、前記採光窓の幅を a 、前記フォトダイオードと遮光層とのオーバーラップ長を b 、パッシベーション膜の屈折率を n_1 、前記層間絶縁膜の屈折率を n^*

$$a \geq x_1(\tan(180^\circ - 2\theta) - \cot\theta) \quad \dots (4)$$

$$b \geq y \cdot \tan[\sin^{-1}\{(n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta)) / n_2\}] \quad \dots (5)$$

$$n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta) < n_2 \quad \dots (6)$$

の(4)～(6)式を同時に満たすように設定した。

【0009】請求項6記載の発明では、フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードで検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面の下部領域が直線状のテーパ形状でかつ※

$$a \geq x_2(\tan(180^\circ - 2\theta) - \cot\theta) \quad \dots (7)$$

$$b \geq y \cdot \tan[\sin^{-1}\{(n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta)) / n_2\}] \quad \dots (8)$$

$$n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta) < n_2 \quad \dots (9)$$

の(7)～(9)式を同時に満たすように設定した。

【0010】請求項7記載の発明では、フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードで検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面が m (1, 2, 3...)個の直線状のテーパ★

$$a \geq Z_m(\tan(180^\circ - 2\theta_m) - \cot\theta_m) \quad \dots (10)$$

$$b \geq y \cdot \tan[\sin^{-1}\{(n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta_m)) / n_2\}] \quad \dots (11)$$

$$n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta_m) < n_2 \quad \dots (12)$$

の(10)～(12)式を同時に満たすように設定した。

【0011】請求項8記載の発明では、LSI工程を用いてフォトダイオードを形成し、このフォトダイオード間で層間絶縁膜の成膜及びメタル配線の工程を繰り返して行い、前記層間絶縁膜の上部に遮光層を成膜し、この遮光層の上部に垂直形状若しくはテーパ形状に形成されたレジストパターンをマスクし、このレジストパターンをかぶせた状態でエッチングを行い前記遮光層の端面に垂直形状若しくはテーパ形状の採光窓を形成し、この採光窓の形成された前記遮光層の上部にパッシベーション膜を成膜した。

【0012】

【作用】本発明においては、直線状や曲線状のテーパ形状をもつ採光窓を遮光層に形成したので、フォトダイオードの面積を広くしなくても1画素当りの開口率を大きくとることが可能となる。

【0013】

【実施例】請求項8記載の発明の一実施例である光電変換装置の作製方法を図1に基づいて説明する。まず、通常のLSI工程を用いてフォトダイオード1を形成した後、LPCVD法などによる層間絶縁膜2の成膜と、ス

6

※、前記遮光層のテーパ部と前記層間絶縁膜との境界面でのなす角を θ とする時、

※定のテーパ角を有するように形成し、前記遮光層が直線状のテーパ形状を有する部分の厚さを x_2 、層間絶縁膜の厚さを y 、前記採光窓の幅を a 、前記フォトダイオードと遮光層とのオーバーラップ長を b 、パッシベーション膜の屈折率を n_1 、前記層間絶縁膜の屈折率を n_2 、前記遮光層のテーパ部と前記層間絶縁膜との境界面でのなす角を θ とする時、

★形状を有するように形成し、前記遮光層のテーパ部と前記層間絶縁膜との境界面でのなす角をそれぞれ θ_m 、前記各テーパ部の上端の遮光層から層間絶縁膜界面までの高さをそれぞれ Z_m 、層間絶縁膜の厚さを y 、前記採光窓の幅を a 、前記フォトダイオードと遮光層とのオーバーラップ長を b 、パッシベーション膜の屈折率を n_1 、前記層間絶縁膜の屈折率を n_2 とすると、

パッタ法などによるメタル配線の工程とを繰り返して行う。次に、純Al(アルミニウム)、或いは、Al-1%Si、或いは、Al-0.5%Cu等の材料を用いて、スパッタ法等により、遮光層3を $0.2\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ (好ましくは、 $1\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$)成膜する。次に、単層レジスト法、或いは、多層レジスト法を用いて、図示しないレジストパターンを垂直形状或いはテーパ形状に形成する。次に、このようなレジストパターンをマスクとして遮光層3上に配置させ、RIE(リアクティブイオンエッチング)によるドライエッチング法、或いは、燐酸-硝酸系によるウェットエッチング法、或いは、両方のエッチング法を交互に用いて遮光性材料をパターンニングする。

【0014】この場合、ドライエッチングのガスとしては、 CCl_4 ガス及び BCl_3 ガスをを用い、 $5 \sim 20\text{ sccm}$ の範囲でガス量を調整し、必要に応じて H_2 ガスや、Arガス等のキャリアガスを混入させる。この時の反応室内の圧力は、 $0.01 \sim 0.3\text{ Torr}$ の範囲で、投入電力は $200 \sim 600\text{ W}$ の範囲でエッチング条件を変化させ、遮光層3の端面におけるテーパ形状を制御して、所望とする採光窓4を作成する。次に、このようなエッチング工程を行った後に、採光窓4をもつ遮

光層3の上部に、パッシベーション膜5としてシリコン窒化膜等をプラズマCVD法を用いて $0.5\mu\text{m}\sim 2.0\mu\text{m}$ だけ成膜する。このような一連の工程により光電変換装置を作製することができる。

【0015】上述したように、遮光層3の端面にテーパ形状をもたせ採光窓4を形成したことにより、採光窓4に直接入射する光線の他に、テーパ部に入射して反射する光線もその採光窓4を通してフォトダイオード1に入射させ光電変換させることができるため、採光窓4のサイズを大きくしなくても、フォトダイオード1で得られる光電流を大きくとることができ、これにより高出力を得ることが可能となる。従って、このようなことから、従来のようにフォトダイオード1の面積を広くとらなくても1画素当りの開口率を大きくすることが可能なため画素の高密度化を図り、高集積化した光電変換装置を得ることができる。

【0016】次に、請求項1～3記載の発明の一実施例を図2～図4に基づいて説明する。図2は、本装置の光*

*電変換部（請求項1記載の発明に対応する）の様子を示すものである。この光電変換部においては、採光窓4に面した遮光層3の端面3aの少なくとも一部が、直線状のテーパ形状を有するように形成したものである。これにより、入射した光6の一部がテーパ部3a（端面3aの領域と同じ）で反射して採光窓4に入射するため、採光窓4の幅を従来と同じく一定としても、採光窓4より入射する光量を従来よりも多くとることができる。

10 【0017】具体例として、採光窓4のサイズを $5\mu\text{m}\times 5\mu\text{m}$ 、遮光層3の厚さを $1.0\mu\text{m}$ 、テーパ角 θ を 85° 、 80° 、 75° 、 65° 、 60° とした時の光量の値を第1表に示す。なお、従来の素子構造（ $\theta=90^\circ$ ）での値を1とする。この第1表から、テーパ角が大きくなると、光量を増大させることができることがわかる。

【0018】

【表1】

テーパ角 θ	85°	80°	75°	70°	65°	60°
光量 $\theta=90^\circ$	1.05	1.15	1.22	1.30	1.40	1.48

【0019】上述したように、遮光層3の端面に直線状のテーパ形状をもたせたことにより、入射した光6の一部がテーパ部3aで反射して採光窓4に入射するため、その採光窓4の幅aを従来と同じく一定としても、採光窓4より入射する光量を多くすることができる。

【0020】また、図3は、請求項2記載の発明に係る光電変換部の様子を示すものであり、採光窓4に面した遮光層3の端面3aは、曲線状のテーパ形状をなしている。さらに、図4は、請求項3記載の発明に係る光電変換部の様子を示すものであり、遮光層3の端面3a

は、直線状のテーパ形状3a。と曲線状のテーパ形状3a₁との両方を有するような形状に形成されている。従って、このように遮光層3のテーパ部3aを曲線状の形状、又は、直線状と曲線状とを組み合わせた形状とすることにより、前述した直線状の形状の場合とほぼ同様な効果を得ることができる。

50 【0021】次に、請求項4記載の発明の一実施例を図5～図10に基づいて説明する。本実施例では、採光窓4に面した遮光層3の端面3aのすべての領域を直線状のテーパ形状で、かつ、一定のテーパ角を有するよ

うに形成し、遮光層3の厚さを x_0 、層間絶縁膜2の厚さを y 、採光窓4の幅を a 、フォトダイオード1と遮光層3とのオーバーラップ長を b 、パッシベーション膜5*

*の屈折率を n_1 、層間絶縁膜2の屈折率を n_2 、遮光層3のテーパ部3aと層間絶縁膜2との境界面でのなす角を θ とする時、

$$a \geq x_0 (\tan(180^\circ - 2\theta) - \cot \theta) \quad \dots (1)$$

$$b \geq y \cdot \tan[\sin^{-1}\{(n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2\theta)) / n_2\}] \quad \dots (2)$$

$$n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2\theta) < n_2 \quad \dots (3)$$

の(1)～(3)式を同時に満たすように設定したものである。以下、このような条件に設定した理由について述べる。

【0022】図5において、まず、遮光層3のテーパ部3aに入射する光6がそのテーパ部3aで反射された後で採光窓4に入射する条件を求める。今、左側のテーパ部3aの上端(点A)に入射する光6を考えると、テーパ部3aの法線方向に対して入射角 θ で入射し、反射角 θ で反射する。この光6が反対の右側のテーパ部3aに入射することなく、採光窓4に入射するためには、幾何学的な構造よりテーパ部3aの幅を c とすると、 $c = x_0 \cdot \cot \theta$ を $x_0 \cdot \tan(180^\circ - 2\theta) \leq a + c$ の式に代入することにより、(1)式を求めることができる。次に、採光窓4の端部(点B)に入射角 $(180^\circ - 2\theta)$ で入射した光6が、フォトダイオード1に入射する条件を求める。まず、パッシベーション膜5と層間絶縁膜2との界面で全反射しないための条件として、(3)式の条件が必要であり、屈折角を ϕ とすると、 $b \geq y \cdot \tan \phi$ の条件を満たせばよい。これにより(2)式を求めることができる。

【0023】そこで、次に、具体的な数値例を挙げて説明する。図5において、 $x_0 = 1.0 \mu\text{m}$ 、 $y = 0.5 \mu\text{m}$ 、 $a = 5.0 \mu\text{m}$ 、 $b = 1.0 \mu\text{m}$ 、 $n_1 = 2.0$ 、 $n_2 = 1.5$ として、 θ の値を変化させた時のフォトダイオード1で得られる光電流値を、従来の素子構造($\theta = 90^\circ$)での値を1とした時の様子を図6に示す。これにより、テーパ角 θ を 90° より小さくしていくと、左右両側のテーパ部3aに入射する光6をフォトダイオード1に導いて光電変換させることができるため、光電流値が増加し、約 70° のところで最大となる。 $\theta < 65^\circ$ のところでは、パッシベーション膜5と層間絶縁膜2との界面で全反射してしまうため、値は1.0に減少してしまう。

【0024】また、他の数値例として、図5において、 $x_0 = 2.0 \mu\text{m}$ 、 $y = 0.5 \mu\text{m}$ 、 $a = 2.5 \mu\text{m}$ 、 $n_1 = n_2 = 1.5$ 、 $\theta = 60^\circ$ として、 b の値を変化させた時のフォトダイオード1で得られる光電流値を、従来の素子構造($\theta = 90^\circ$)での値を1とした時の様子※

$$a \geq x_1 (\tan(180^\circ - 2\theta) - \cot \theta) \quad \dots (4)$$

$$b \geq y \cdot \tan[\sin^{-1}\{(n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2\theta)) / n_2\}] \quad \dots (5)$$

$$n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2\theta) < n_2 \quad \dots (6)$$

の(4)～(6)式を同時に満たすように設定したものである。以下、このような条件に設定した理由について述べる。

※を図7に示す。これにより、オーバーラップ長を $0.8 \mu\text{m}$ 以上とすることにより、テーパ部3aで反射した光6を全てフォトダイオード1で検出することができ

【0025】次に、他の具体的な構成例について述べる。まず、図8は、マイクロレンズなどの縮小光学系を用いた場合の例を示すものである。図8(b)に示すように、マイクロレンズ7の各レンズ7aに入射できない光8が存在し、これらの光8は遮光板9により反射されるため開口率を100%にすることができないが、図8(a)に示すように、マイクロレンズ7の下方にテーパ部3aをもつ遮光層3を設けることにより、入射できなかった光8がテーパ部3aで反射されて入射できるようになり、これにより開口率を100%にすることができる。

【0026】また、図9は、平面状に敷き詰めたエリアセンサの構成例を示すものである。この場合、各パラメータは、 $x_0 = 4.3 \mu\text{m}$ 、 $y = 0.28 \mu\text{m}$ 、 $a = 5.0 \mu\text{m}$ 、 $b = 0.5 \mu\text{m}$ 、 $n_1 = n_2 = 1.5$ 、 $\theta = 60^\circ$ の条件に設定されている。図9はエリアセンサの平面図、図10は図9のa-a断面図を示すものである。この場合、各パラメータが(1)～(3)式に示す条件を満たしているため、テーパ部3aに入射した光8は、すべてフォトダイオード1に入射することができ、しかも、このエリアセンサに入射する光6、8は必ずテーパ部3aか或いは直接採光窓4に入射するため、開口率を100%とすることができる。

【0027】次に、請求項5記載の発明を図11及び図12に基づいて説明する。本実施例では、採光窓4に面した遮光層3の端面3aの上部領域を直線状のテーパ形状で、かつ、一定のテーパ角を有するように形成し、遮光層3が直線状のテーパ形状を有する部分の厚さを x_1 、層間絶縁膜2の厚さを y 、採光窓4の幅を a 、フォトダイオード1と遮光層3とのオーバーラップ長を b 、パッシベーション膜5の屈折率を n_1 、層間絶縁膜2の屈折率を n_2 、遮光層3のテーパ部3aと層間絶縁膜2との境界面でのなす角を θ とする時、

【0028】遮光層3の上部領域は、厚さ x_1 の直線状のテーパ部9を有している。左側のテーパ部9の上端(点C)に入射した光10が反対の右側のテーパ部

9の下部に設けられた垂直な断面部11の上端(点D)より下部に入射する時、テーパ部9に入射した光はすべて採光窓4に入射できるため、上述した(4)～

(6)式を同時に満たせば、採光窓4のサイズを大きくしなくても、フォトダイオード1で得られる光電流を増大させることが可能となる。

【0029】具体的な数値例として、図11において、 $y = 0.5 \mu\text{m}$ 、 $a = 5.0 \mu\text{m}$ 、 $b = 0.5 \mu\text{m}$ 、 $n_1 = n_2 = 1.5$ 、 $\theta = 70^\circ$ とし、また、垂直な断面形状を有する断面部11の高さを $0.5 \mu\text{m}$ とした時、 x_1 の値を変化させた時のフォトダイオード1で得られる光電流値($x_1 = 0$ での値を1とする)の変化の様子を図12に示す。従って、このようなことから、遮光層3*

$$a \geq x_2(\tan(180^\circ - 2\theta) - \cot\theta) \quad \dots (7)$$

$$b \geq y \cdot \tan[\sin^{-1}\{(n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta)) / n_2\}] \quad \dots (8)$$

$$n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta) < n_2 \quad \dots (9)$$

の(7)～(9)式を同時に満たすように設定したものである。以下、このような条件に設定した理由について述べる。

【0031】遮光層3の端面3aに設けられた垂直な断面形状を有する垂直断面部12は、垂直に入射する光13の反射に寄与せず、下部領域に設けられた直線状の形状を有するテーパ部14の厚さ x_2 が請求項4記載の発明の x_0 と等価であると考えられるため、(7)～

(9)式を満たす構造であれば、従来のように採光窓4を大きくしなくても光電流を増大させることができることになる。

【0032】また、図14に示すように、上部にマイクロレンズ15などの縮小光学系を設けた場合には、そのマイクロレンズ15で屈折して入射する光16が遮光層3の上部に設けた垂直断面部12に入射することによ

$$a \geq Z_m(\tan(180^\circ - 2\theta_m) - \cot\theta_m) \quad \dots (10)$$

$$b \geq y \cdot \tan[\sin^{-1}\{(n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta_m)) / n_2\}] \quad \dots (11)$$

$$n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta_m) < n_2 \quad \dots (12)$$

の(10)～(12)式を同時に満たすように設定したものである。以下、このような条件に設定した理由について述べる。

【0034】遮光層3の端面3aがm個のテーパ部で形成されている場合、それらm個のテーパ部をそれぞれ、テーパ部17₁、テーパ部17₂、…、テーパ部17_mとし、テーパ角をそれぞれ θ_1 、 θ_2 、…、 θ_m ($\theta_1 < \theta_2 < \dots < \theta_m$)とすると、(10)～(12)において、 $m=1$ として条件式が成立すればテーパ部17₁に入射する光18₁は、すべてフォトダイオード1に入射させることができる。また、 $m=2$ として条件式が成立すればテーパ部17₂に入射する光18₂は、すべてフォトダイオード1に入射させることができる。以下、同様にして、条件mを満たせば、テーパ部17_mに入射する光18_mは、すべてフォトダイオード1に入射させることができる。この場合、 $\theta_1 < \theta_2 <$

*の上部領域の厚さ x_1 の値を大きくすることにより、光電流を大きくとることができる。

【0030】次に、請求項6記載の発明の一実施例を図13及び図14に基づいて説明する。本実施例では、採光窓4に面した遮光層3の端面の下部領域が直線状のテーパ形状で、かつ、一定のテーパ角を有するように形成し、遮光層3が直線状のテーパ形状を有する部分の厚さを x_2 、層間絶縁膜2の厚さを y 、採光窓4の幅を a 、フォトダイオード1と遮光層3とのオーバーラップ長を b 、パッシベーション膜の屈折率を n_1 、層間絶縁膜2の屈折率を n_2 、遮光層3のテーパ部3aと層間絶縁膜2との境界面でのなす角を θ とする時、

※り、その下方のテーパ部14或いは直接採光窓4に入射させることができるため、光電流の増加を図ることができる。

【0033】次に、請求項7記載の発明の一実施例を図15に基づいて説明する。本実施例では、採光窓4に面した遮光層3の端面3aが m (1, 2, 3…)個の直線状のテーパ形状を有するように形成し、遮光層3のテーパ部3aと層間絶縁膜2との境界面でのなす角をそれぞれ θ_m 、各テーパ部3aの上端の遮光層3から層間絶縁膜2の界面までの高さをそれぞれ Z_m 、層間絶縁膜2の厚さを y 、採光窓4の幅を a 、フォトダイオード1と遮光層3とのオーバーラップ長を b 、パッシベーション膜5の屈折率を n_1 、層間絶縁膜2の屈折率を n_2 とすると、

… $< \theta_m$ であれば、テーパ部で反射した光は、他のテーパ部でさえぎられることなく、採光窓4に入射するため、フォトダイオード1で得られる光電流を増大させることができる。また、必ずしも $\theta_1 < \theta_2 < \dots < \theta_m$ でない場合や、条件 $m=1, 2, \dots, m$ を全て満たさなくても、テーパ部で反射する光17₁～17_mを有効にフォトダイオード1に導けるため、光電流を増加させることができる。

【0035】具体例として、 $m=2$ の時、 $z_1 = 1.0 \mu\text{m}$ 、 $z_2 = 0.5 \mu\text{m}$ 、 $\theta_1 = 70^\circ$ 、 $\theta_2 = 80^\circ$ 、 $a = 5.0 \mu\text{m}$ 、 $b = 0.5 \mu\text{m}$ 、 $y = 0.5 \mu\text{m}$ 、 $n_1 = n_2 = 1.5$ の場合に得られる光電流値を、従来の素子構造($\theta = 90^\circ$)の場合と比較すると、約1.25倍の光電流を得ることができる。

【0036】

【発明の効果】請求項1記載の発明は、フォトダイオー

ドと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードに検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面の少なくとも一部が、直線状のテーパ形状を有するように形成したので、1画素当りの開口率を大きくとった光電変換部を得ることができ、これにより、光電流を増加させ、高出力を得ることができるものである。

【0037】請求項2記載の発明は、フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードに検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面の少なくとも一部が、曲線状のテーパ形状を有するように形成したので、フォトダイオードの面積を広くしなくても1画素当りの開口率を大きくとることが可能となり、これにより、光電流を増加させ、高出力を得ることができるものである。

【0038】請求項3記載の発明は、フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、*

$$a \geq x_0 \cdot (\tan(180^\circ - 2\theta) - \cot\theta) \quad \dots (1)$$

$$b \geq y \cdot \tan[\sin^{-1}\{(n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta)) / n_2\}] \quad \dots (2)$$

$$n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta) < n_2 \quad \dots (3)$$

の(1)～(3)式を同時に満たすように設定したので、フォトダイオードの面積を広くしなくても1画素当りの開口率を大きくとることが可能となり、これにより、光電流を増加させ、高出力を得ることができるものである。

【0040】請求項5記載の発明は、フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードに検出することにより光電変換を行う※

$$a \geq x_1 \cdot (\tan(180^\circ - 2\theta) - \cot\theta) \quad \dots (4)$$

$$b \geq y \cdot \tan[\sin^{-1}\{(n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta)) / n_2\}] \quad \dots (5)$$

$$n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta) < n_2 \quad \dots (6)$$

の(4)～(6)式を同時に満たすように設定したので、フォトダイオードの面積を広くしなくても1画素当りの開口率を大きくとることが可能となり、これにより、光電流を増加させ、高出力を得ることができるものである。

【0041】請求項6記載の発明は、フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードに検出することにより光電変換を行う★

$$a \geq x_2 \cdot (\tan(180^\circ - 2\theta) - \cot\theta) \quad \dots (7)$$

*前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードに検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面の少なくとも一部が、直線状のテーパ形状及び曲線状のテーパ形状の両方の形状を有するように形成したので、フォトダイオードの面積を広くしなくても1画素当りの開口率を大きくとることが可能となり、これにより、光電流を増加させ、高出力を得ることができるものである。

10

【0039】請求項4記載の発明は、フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードに検出することにより光電変換を行う光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面のすべての領域が直線状のテーパ形状でかつ一定のテーパ角を有するように形成し、前記遮光層の厚さを x_0 、層間絶縁膜の厚さを y 、前記採光窓の幅を a 、前記フォトダイオードと遮光層とのオーバーラップ長を b 、パッシベーション膜の屈折率を n_1 、前記層間絶縁膜の屈折率を n_2 、前記遮光層のテーパ部と前記層間絶縁膜との境界面でのなす角を θ とする時、

20

※光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面の上部領域が直線状のテーパ形状でかつ一定のテーパ角を有するように形成し、前記遮光層が直線状のテーパ形状を有する部分の厚さを x_1 、層間絶縁膜の厚さを y 、前記採光窓の幅を a 、前記フォトダイオードと遮光層とのオーバーラップ長を b 、パッシベーション膜の屈折率を n_1 、前記層間絶縁膜の屈折率を n_2 、前記遮光層のテーパ部と前記層間絶縁膜との境界面でのなす角を θ とする時、

30

40★光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面の下部領域が直線状のテーパ形状でかつ一定のテーパ角を有するように形成し、前記遮光層が直線状のテーパ形状を有する部分の厚さを x_2 、層間絶縁膜の厚さを y 、前記採光窓の幅を a 、前記フォトダイオードと遮光層とのオーバーラップ長を b 、パッシベーション膜の屈折率を n_1 、前記層間絶縁膜の屈折率を n_2 、前記遮光層のテーパ部と前記層間絶縁膜との境界面でのなす角を θ とする時、

15

$$b \geq y \cdot \tan \{ \sin^{-1} \{ (n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta)) / n_2 \} \} \quad \dots (8)$$

$$n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta) < n_2 \quad \dots (9)$$

の(7)～(9)式を同時に満たすように設定したので、フォトダイオードの面積を広くしなくても1画素当りの開口率を大きくとることが可能となり、これにより、光電流を増加させ、高出力を得ることができるものである。

【0042】請求項7記載の発明は、フォトダイオードと、このフォトダイオードに光を導くための採光窓と、前記フォトダイオードに入射する光を遮る遮光層とを備え、前記採光窓を通じて外部から入射してくる光を前記フォトダイオードに検出することにより光電変換を行う

$$a \geq Z_m (\tan(180^\circ - 2 \cdot \theta_m) - \cot \theta_m) \quad \dots (10)$$

$$b \geq y \cdot \tan \{ \sin^{-1} \{ (n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta_m)) / n_2 \} \} \quad \dots (11)$$

$$n_1 \cdot \sin(180^\circ - 2 \cdot \theta_m) < n_2 \quad \dots (12)$$

の(10)～(12)式を同時に満たすように設定したので、フォトダイオードの面積を広くしなくても1画素当りの開口率を大きくとることが可能となり、これにより、光電流を増加させ、高出力を得ることができるものである。

【0043】請求項8記載の発明は、LSI工程を用いてフォトダイオードを形成し、このフォトダイオード間で層間絶縁膜の成膜及びメタル配線の工程を繰り返して行い、前記層間絶縁膜の上部に遮光層を成膜し、この遮光層の上部に垂直形状若しくはテーパ形状に形成されたレジストパターンをマスクし、このレジストパターンをかぶせた状態でエッチングを行い前記遮光層の端面に垂直形状若しくはテーパ形状の採光窓を形成し、この採光窓の形成された前記遮光層の上部にパッシベーション膜を成膜したので、フォトダイオードの面積を広くしなくても1画素当りの開口率を大きくとることが可能となり、これにより、光電流を増加させ、高出力を得ることができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項8記載の発明の一実施例である光電変換部の様子を示す断面図である。

【図2】請求項1記載の発明の一実施例である光電変換部の様子を示す断面図である。

【図3】請求項2記載の発明の一実施例である光電変換部の様子を示す断面図である。

【図4】請求項3記載の発明の一実施例である光電変換部の様子を示す断面図である。

16

光電変換装置において、前記採光窓に面した前記遮光層の端面がm(1, 2, 3...)個の直線状のテーパ形状を有するように形成し、前記遮光層のテーパ部と前記層間絶縁膜との境界面でのなす角をそれぞれ θ_m 、前記各テーパ部の上端の遮光層から層間絶縁膜界面までの高さをそれぞれ Z_m 、層間絶縁膜の厚さをy、前記採光窓の幅をa、前記フォトダイオードと遮光層とのオーバーラップ長をb、パッシベーション膜の屈折率を n_1 、前記層間絶縁膜の屈折率を n_2 とすると、

【図5】請求項4記載の発明の一実施例である光電変換部の様子を示す断面図である。

【図6】テーパ角に対する光電流値の変化の様子を示す特性図である。

20 【図7】オーバーラップ長に対する光電流値の変化の様子を示す特性図である。

【図8】マイクロレンズを用いた本発明の光学系と従来の光学系とを比較して示す側面図である。

【図9】エリアセンサの構成を示す平面図である。

【図10】図9のa-a断面図である。

【図11】請求項5記載の発明の一実施例である光電変換部の様子を示す断面図である。

【図12】遮光層の厚さに対する光電流値の変化の様子を示す特性図である。

30 【図13】請求項6記載の発明の一実施例である光電変換部の様子を示す断面図である。

【図14】図13の構成をマイクロレンズを含む光学系に応用した場合の様子を示す断面図である。

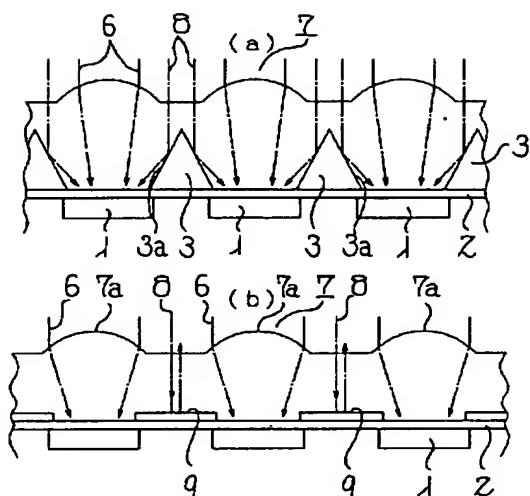
【図15】請求項7記載の発明の一実施例である光電変換部の様子を示す断面図である。

【符号の説明】

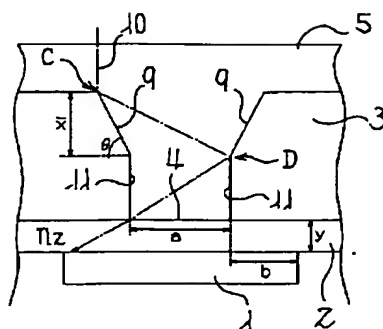
- 1 フォトダイオード
- 2 層間絶縁膜
- 3 遮光層
- 3 a 端面
- 4 採光窓
- 5 パッシベーション膜

40

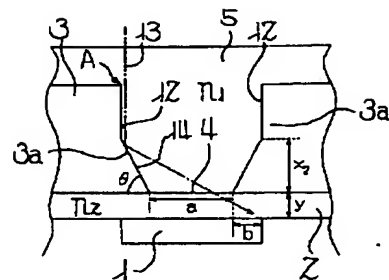
【図8】



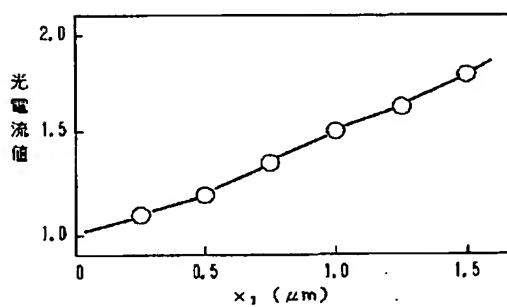
【図11】



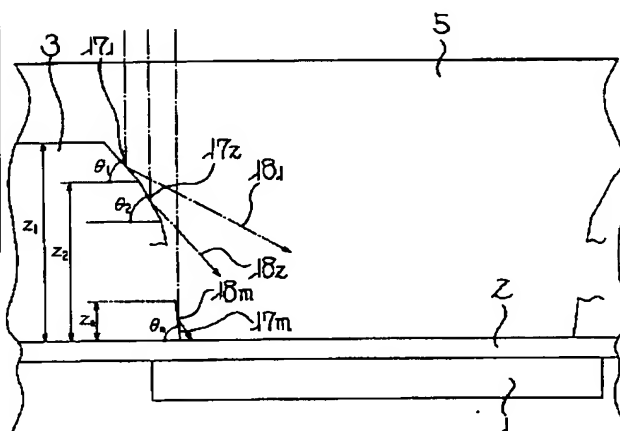
【図13】



【図12】



【図15】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. ⁵

H01L 31/10

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

8422-4M

H01L 31/10

A